



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514  
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA  
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO  
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE  
AMBIENTE

Progetto di monitoraggio ambientale  
Relazione specialistica componente Vibrazioni

Il Progettista

Responsabile di progetto ed  
incaricato delle integrazioni tra  
le varie prestazioni:



Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H

Supporto specialistico

Ottimizzazione della cantierizzazione  
delle opere



Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074

Consulenze specialistiche

Geologo:

Dott. Geologo Fabio Melchiorri  
Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663

Geotecnica e opere d'arte minori:

Ing. Antonio Alparone



Opere d'arte principali:

Viadotti  
Ing. G. Mondello



Gallerie  
Ing. G. Guiducci



Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:

Ecosistemi e  
paesaggio



Rumore,  
vibrazioni  
ed atmosfera



RIFERIMENTO ELABORATO

FASE TR/LT DISCIPLINA/OPERA DOC Progr. ST.REV. FOGLIO  
D 0 1 - T 1 0 0 - A M 0 9 0 - 1 - R G - 0 0 4 - 0 A 0 1 DI 0 1

DATA

GENNAIO '17

SCALA

-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione	Altran	D'Armini	Monaco

IL RESPONSABILE  
DEL  
PROCEDIMENTO

IL CONCESSIONARIO

SARC SRL



L'ENTITA' COSTRUTTRICE

VISTO PER ACCETTAZIONE



## INDICE

<b>A</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>B</b>	<b>OBIETTIVI SPECIFICI .....</b>	<b>6</b>
<b>C</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>D</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>9</b>
D.1	Normativa internazionale .....	9
D.2	Normativa nazionale .....	9
<b>E</b>	<b>RIFERIMENTI DOCUMENTALI.....</b>	<b>10</b>
E.1	Quadro informativo.....	10
E.2	Linee Guida della Commissione Speciale VIA.....	10
E.3	Prescrizioni Delibera CIPE.....	11
<b>F</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE AREE INTERESSATE E DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>13</b>
F.1	Criteri adottati.....	13
F.2	Identificazione delle aree .....	14
F.3	Identificazione dei punti di monitoraggio.....	14
F.4	Verifica di fattibilità in campo .....	14
<b>G</b>	<b>ATTIVITA' IN CAMPO E ATTIVITA' DI ELABORAZIONE.....</b>	<b>16</b>
G.1	Attività preliminari.....	16
G.2	Installazione della strumentazione, calibrazione e analisi di pre-rilevamento .....	17
G.3	Esecuzione delle misure .....	19
G.4	Strumentazione di misura .....	21
<b>H</b>	<b>ARTICOLAZIONE TEMPORALE .....</b>	<b>23</b>
H.1	Fasi del monitoraggio.....	23
H.2	Frequenze delle misure.....	24
<b>I</b>	<b>CODIFICA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO E DEI RISULTATI .....</b>	<b>27</b>
<b>J</b>	<b>INTEGRAZIONE NEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE .....</b>	<b>28</b>
<b>K</b>	<b>GESTIONE DELLE ANOMALIE.....</b>	<b>29</b>
K.1	Criteri per la definizione dei livelli di criticità.....	29

K.2	Azioni correttive.....	33
<b>L</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE .....</b>	<b>35</b>

## **Parte Prima – Aspetti generali**

## A PREMESSA

La presente relazione costituisce la sezione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) relativa alla descrizione della componente Vibrazioni.

Per monitoraggio ambientale si intende l'insieme dei controlli, periodici o continui, di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali coinvolte nella realizzazione e nell'esercizio delle opere.

L'immissione di fenomeni vibranti all'interno degli edifici presenti nelle zone limitrofe ad un'opera stradale è causata principalmente dai macchinari utilizzati nelle lavorazioni durante le fasi di costruzione; in fase di esercizio dell'opera, non si presentano invece significativi fenomeni di immissione di vibrazioni attribuibili al transito dei veicoli.

Il monitoraggio per la componente ambientale in oggetto viene eseguito prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera al fine di:

- misurare gli stati di ante operam, corso d'opera e post operam in modo da documentare l'evolversi delle caratteristiche ambientali;
- controllare le previsioni di impatto per la fase di costruzione;
- fornire agli Enti preposti al controllo gli elementi di verifica della corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio.

A questo proposito generalmente si assumono come riferimento i valori registrati allo stato attuale (ante operam), si procede poi con misurazioni nel corso delle fasi di costruzione (a cadenza regolare oppure in relazione alle opere e alle attività più impattanti).

Assunti come "punto zero" di riferimento i livelli vibrazionali attuali (ante operam), si procederà alla misurazione dei livelli vibrazionali nella fase di realizzazione delle attività di cantiere relativa all'esercizio del Collegamento Autostradale ed infine a quelli post operam durante il regolare esercizio dell'infrastruttura.

Il monitoraggio dell'opera, nelle sue diverse fasi, deve essere programmato al fine di tutelare il territorio e la popolazione residente dalle possibili modificazioni che la costruzione dell'opera possono comportare.

Le attività di monitoraggio permetteranno di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea al fine di ridurre l'impatto sui recettori interessati.

L'analisi della componente in oggetto non è semplicemente finalizzata a fornire le modalità per il riconoscimento e la valutazione delle potenziali interferenze del progetto con la matrice

ambientale vibrazioni, ma considera la rilevanza di tale matrice anche per altre matrici al fine di realizzare un sistema integrato di monitoraggio, capace di sfruttare le sinergie tra i vari componenti.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale, di cui la presente relazione è da considerarsi parte integrante, è stato redatto nell'ambito del Progetto Definitivo del Collegamento Autostradale Ragusa-Catania.

Il documento si compone della relazione strutturata in tre sezioni:

- *Parte Prima - Aspetti generali* in cui viene fornito un inquadramento dell'infrastruttura in progetto nonché una caratterizzazione della stessa in termini di criticità dal punto di vista vibrazionale; è inoltre riportata una disamina sia della normativa attualmente in vigore sia dei documenti specifici e utilizzati quale supporto di base;
- *Parte Seconda – Descrizione delle attività di monitoraggio* che contiene le indicazioni relative ai criteri adottati per l'individuazione e l'ubicazione dei punti di monitoraggio, alle attività in campo; fornisce inoltre informazioni sull'articolazione temporale del monitoraggio (sia in termini di fasi che di frequenze di rilievo);
- *Parte Terza – Risultati delle attività di monitoraggio* in cui vengono dettagliate le modalità di restituzione dei dati rilevati, i criteri per la definizione delle criticità e la definizione delle anomalie e viene fornita evidenza della documentazione da produrre.

Sono altresì allegate alla presente relazione le tavole grafiche denominate:

"Planimetria ubicazioni indagini - da D01-T100-AM091-1-P5-001-0A a D01-T100-AM091-1-P5-009-0A", in cui sono indicati i punti che saranno oggetto di monitoraggio.

## B OBIETTIVI SPECIFICI

Il monitoraggio ambientale della componente "Vibrazioni" viene effettuato allo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti ad una sismicità in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento.

Per la componente specifica, il monitoraggio nella fase ante operam è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- fornire un quadro completo delle caratteristiche vibrazionali dell'ambiente antropico prima dell'apertura dei cantieri;
- procedere alla scelta degli indicatori ambientali che possano rappresentare nel modo più significativo possibile (per le opere principali e maggiormente impattanti per la componente in esame) la "situazione zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti in corso d'opera;
- consentire una rapida e semplice valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali.

Le finalità del monitoraggio nella fase di corso d'opera sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione, dovuta al "normale" svolgimento delle fasi di realizzazione dell'opera, dei parametri rilevati nello stato ante operam;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere delle modifiche alla gestione delle attività del cantiere.

Nella fase post operam verrà eseguito:

- confronto dei valori definiti nello stato A.O. con quelli P.O.
- controllo dei livelli di ammissibilità, sia nello scenario degli indicatori definiti nella condizione ante-operam, sia degli altri eventualmente individuati in fase di costruzione

Alla luce di quanto sopra esposto il presente documento si propone di:

- inquadrare la componente in esame nell'ambito del progetto del Collegamento Autostradale;
- descrivere i processi che hanno portato all'individuazione dei punti di monitoraggio;
- fornire le specifiche per una corretta esecuzione delle attività di monitoraggio in campo;
- fornire le indicazioni per la restituzione dei dati e l'organizzazione degli stessi in una

banca dati strutturata.

Il monitoraggio ambientale costituisce un utile e valido supporto nel caso si configurino condizioni di emergenza. Infatti in tali condizioni su tempestiva indicazione e richiesta del cantiere si potranno prevedere ulteriori verifiche sulla componente in esame.

## C INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

Il Collegamento autostradale in progetto, collega tre province (Ragusa, Catania e Siracusa) e attraversa un territorio non fortemente urbanizzato (circa 69 km).

La maggior parte del tracciato si sviluppa in zone scarsamente abitate e con presenza di case sparse, ad eccezione dei lotti 6, 7 ed 8 dove lambisce le aree periferiche dei centri abitati di Francofonte, Lentini e Carlentini.

L'asse viario in progetto, dal punto di vista funzionale, ripercorre il tracciato attualmente servito dalle SS 514 e SS 115 nel tratto compreso tra lo svincolo sulla SP 52 presso Ragusa e l'innesto sull'Autostrada "Catania - Siracusa", e si configura come una "Autostrada extraurbana-strada principale (tipo B)".

Per quanto riguarda la composizione della carreggiata del sistema autostradale, la sezione adottata è costituita da due corsie per senso di marcia con banchina in destra da 1,5m.

In particolare, il collegamento autostradale oggetto dell'intervento è caratterizzato da un tratto in galleria naturale, presso il Comune di Francofonte (Lotto 7 di progetto) di lunghezza pari a circa 800 m.

## D RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella redazione del presente piano si è fatto riferimento agli strumenti normativi attualmente vigenti sia in ambito nazionale che internazionale. Tali norme definiscono le grandezze e i parametri che devono essere misurati, i sistemi di rilevazione e le caratteristiche della strumentazione che deve essere impiegata.

In particolare, la valutazione delle vibrazioni deve essere eseguita in relazione al loro effetto sull'uomo e sulle strutture.

Gli effetti delle vibrazioni sull'uomo all'interno degli edifici sono descritti nella norma ISO 2631 e nella UNI 9614. Infatti, anche se i contenuti delle due normative sono sostanzialmente analoghi, la norma UNI risulta maggiormente chiara ed accessibile dal punto di vista tecnico.

Per la valutazione dei danni strutturali, le normative a cui si è fatto riferimento sono la ISO 4866 e la UNI 9916, che riportano essenzialmente gli stessi contenuti tecnici.

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi adottati per la stesura del progetto di monitoraggio ambientale relativamente alla componente vibrazioni.

### D.1 Normativa internazionale

DIN 4150-3 (prima edizione 1986, sostituita da edizione 1999) Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti.

Norma internazionale ISO 2631/1 (ultima edizione 2008) Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al corpo intero - Parte 1: Requisiti generali.

Norma internazionale ISO 4866 Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici.

Norma internazionale ISO 2631/2 (ultima edizione 2003) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz).

### D.2 Normativa nazionale

Norma italiana UNI 9916 Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

Norma italiana UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.

Norma italiana UNI 9513 Vibrazioni e Urti. Vocabolario.

## E RIFERIMENTI DOCUMENTALI

### E.1 Quadro informativo

La presente relazione è stata redatta utilizzando come supporto i documenti di seguito elencati:

- Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) su progetto preliminare del Collegamento Autostradale Ragusa-Catania (2007);
- Integrazioni e modifiche allo Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) su progetto preliminare del Collegamento Autostradale (2008);
- Progettazione Definitiva del Collegamento Autostradale;
- Piano di cantierizzazione;
- Studio vibrazionale inerente il "Collegamento Autostradale".

Nella stesura del progetto di monitoraggio ambientale sono state considerate:

- l'opportunità di non effettuare misure di vibrazioni ante operam, laddove non siano presenti sorgenti significative dal punto di vista vibrazionale (es. infrastruttura ferroviaria esistente);
- la necessità di effettuare il monitoraggio in corso d'opera della componente vibrazioni nell'ambito delle lavorazioni più impattanti come programmate da cronoprogramma lavori;
- la necessità di ubicare i punti di monitoraggio da eseguirsi in corrispondenza di ricettori prossimi agli imbocchi/sbocchi delle gallerie naturali, considerando che le lavorazioni di perforazione e infissione dei diaframmi sono le più critiche dal punto di vista degli impatti vibrazionali sui ricettori.

### E.2 Linee Guida della Commissione Speciale VIA

Si riporta di seguito una tabella esplicativa di quanto contenuto nelle "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.) Rev.1 del 16/06/2014".

**Tabella E.1: “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA)”**

	<b>ANTE OPERAM</b>	<b>CORSO D’OPERA</b>	<b>POST OPERAM</b>
<b>Scopo</b>	Fornire il quadro sullo stato o condizione di bianco dal punto di vista vibrazionale. Controllo delle situazioni critiche già in atto relativamente allo stato vibrazionale Individuare l’area geografica di impatto	Analisi evoluzione indicatori individuati nella fase precedente Formulazione delle necessarie indicazioni per l’attuazione delle opportune contromisure	Confronto indicatori definiti nello stato ante operam con quelli rilevati in fase di esercizio Controllo dei livelli soglia e verifica rispetto dei limiti previsti dalle normative vigenti in fase di esercizio dell’opera
<b>Criteri ubicazione punti</b>	Presenza di sorgenti puntuali di interferenza nella distribuzione del campo vibrazionale Presenza di elementi significativi rispetto a cui è possibile rilevare una modifica delle condizioni di stato dei parametri caratterizzanti Individuazione aree sensibili per la protezione della salute umana Individuazione aree di maggior impatto		
<b>Indicatori di monitoraggio</b>	Grandezze vibrazionali		
<b>Altri requisiti PMA</b>	In generale il PMA deve individuare almeno i seguenti aspetti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• l’ubicazione dei punti di monitoraggio</li> <li>• i parametri da rilevare</li> <li>• la durata del campionamento</li> <li>• il numero dei campioni da rilevare nel periodo di osservazione (in funzione di parametri quali: la sensibilità del ricettore, il tipo di cantiere e le attività in esso previste, la tipologia dell’opera e la movimentazione di materiali connessa, l’ubicazione dei punti significativi, la presenza di eventuali sorgenti concomitanti di vibrazioni etc.);</li> <li>• la strumentazione da impiegare.</li> </ul>		

### **E.3 Prescrizioni Delibera CIPE**

Per la redazione del presente elaborato si è tenuto conto delle prescrizioni e delle raccomandazioni relative in generale alla componente “Vibrazioni” inerenti le attività di monitoraggio, formulate in sede di approvazione del Progetto Preliminare da parte del CIPE e da sviluppare in fase di progettazione definitiva delle tratte in esame (si rimanda al punto n. 17 della “Delibera CIPE n.3 del 2010).

## **Parte Seconda – Descrizione delle attività di monitoraggio**

## F IDENTIFICAZIONE DELLE AREE INTERESSATE E DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

Sulla base di quanto riportato nei documenti a disposizione per la redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale è necessario procedere alla definizione di:

1. aree di interesse;
2. criteri di scelta dei punti di monitoraggio e dei parametri oggetto di indagine;
3. ubicazione punti di monitoraggio;
4. verifica di fattibilità in campo delle indagini;
5. fasi di monitoraggio.

### F.1 Criteri adottati

Nella scelta dei punti di monitoraggio si è tenuto conto, oltre ai dei documenti progettuali di riferimento precedentemente indicati, anche di:

- Progettazione Definitiva del Collegamento Autostradale;
- Piano di cantierizzazione.

Infatti i punti di monitoraggio ante operam, in parte derivanti dalla campagna eseguita nell'ambito dello Studio vibrazionale, sono utilizzati nell'ambito del monitoraggio ante operam ed integrati con ulteriori punti derivanti dalla localizzazione dei cantieri fissi, dalla valutazione degli impatti vibrazionali legati all'attività di cantiere e in maniera analoga per i punti di monitoraggio in corso d'opera e post operam.

In linea generale devono essere previste campagne di monitoraggio nelle tipologie di ricettori che risultano più sensibili alle vibrazioni indotte dalle lavorazioni:

- edifici residenziali;
- attività sensibili quali ospedali, industrie di precisione, etc;
- emergenze storico-culturali.

Le sorgenti vibrazionali legate alla cantierizzazione dell'opera sono riconducibili, in via prioritaria, alle seguenti tipologie:

- cantieri fissi (ospitanti impianti o lavorazioni che comportino emissioni significative);
- fronte di avanzamento lavori;

- piste e viabilità di cantiere.

I punti di monitoraggio sono pertanto posizionati in corrispondenza dei ricettori civili ubicati in prossimità delle aree operative (cantieri operativi e fronte di avanzamento lavori).

## **F.2 Identificazione delle aree**

Le indagini, in particolare durante la fase di Corso d'Opera, saranno effettuate in corrispondenza del ricettore più prossimo alle aree di cantiere in funzione del fronte avanzamento lavori nonché in tutti quei punti di monitoraggio considerati significativi e descritti in modo più approfondito nel relativo paragrafo.

In relazione alle potenziali criticità presenti durante la costruzione dell'opera si è fatto riferimento allo studio della cantierizzazione del progetto definitivo.

## **F.3 Identificazione dei punti di monitoraggio**

La scelta dei punti di monitoraggio è stata fatta secondo i criteri esposti nei capitoli precedenti ed ubicati sulla base dell'analisi di:

- cartografia tecnica regionale;
- tracciato.

Le posizioni di misura sono localizzate in prossimità di edifici o gruppi di edifici.

In particolare le operazioni di lavorazione e costruzione di infrastrutture connesse alla realizzazione di opere lineari, quali le infrastrutture stradali, si sviluppano lungo l'asse stradale. La stessa infrastruttura va dunque considerata nel suo insieme come cantiere, lungo cui si svolgono le fasi di realizzazione.

La localizzazione dei punti d'indagine è stata effettuata in conformità all'analisi preliminare di carattere territoriale, utilizzando la cartografia del progetto definitivo.

## **F.4 Verifica di fattibilità in campo**

Per ciascun punto di misura previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale si dovrà effettuare:

- verifica dell'accessibilità degli edifici per la realizzazione delle misure nelle varie fasi del monitoraggio;
- definizione delle informazioni e dei parametri che consentono di indicare l'esatta localizzazione sul territorio del ricettore quali: indirizzo, progressiva relativa alla futura infrastruttura, distanza dalla strada e/o ferrovia esistente e coordinate geografiche;
- localizzazione del ricettore su planimetria in scala opportuna;

- raccolta di documentazione fotografica dell'edificio;
- definizione della classificazione degli edifici ai sensi della norma UNI 9614, ma anche della destinazione d'uso del ricettore, l'altezza del ricettore e il numero di piani;
- definizione in dettaglio delle sorgenti vibranti in essere e della loro distanza rispetto all'edificio;
- selezione dei locali degli edifici da monitorarsi in cui posizionare i dispositivi di misura tenendo presente che esse sono le stesse nelle varie fasi di monitoraggio;
- elaborazione delle planimetrie in scala opportuna del locale in cui è svolto il monitoraggio riportanti le distanze tra le pareti delle stanze e i punti in cui vengono localizzati i trasduttori.

I dati rilevati saranno inseriti in una scheda di campo e saranno a disposizione per tutte le fasi di monitoraggio.

Nel caso in cui, a seguito dei sopralluoghi in campo eseguiti preliminarmente all'attività di esecuzione delle indagini di monitoraggio, non si verifichi una o più delle condizioni di fattibilità per l'ubicazione della postazione di misura sopra descritte, sarà necessario procedere ad una sua ri-localizzazione.

Eventuali ri-localizzazioni, dovranno essere effettuate individuando in situ un'ubicazione alternativa che risponda alle medesime finalità del punto di misura da sostituire. Tali ri-localizzazioni saranno sottoposte per approvazione all'organo di controllo.

## G ATTIVITA' IN CAMPO E ATTIVITA' DI ELABORAZIONE

L'attività in campo viene realizzata interamente in situ da tecnici qualificati, che devono provvedere a quanto necessario per la compilazione delle schede di misura, per la restituzione dei dati e per un corretto accertamento.

In campo verrà compilata una scheda (cosiddetta scheda di campo) ove per ogni punto di indagine occorre rendere disponibili almeno le seguenti informazioni:

- caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagine;
- caratterizzazione delle principali sorgenti vibrazionali (impianti produttivi, ecc...);
- planimetria dei siti di indagine;
- strumentazione utilizzata;
- note e osservazioni alle misure.

L'attività di misura in campo prevede un'organizzazione preliminare in sede che passa attraverso l'analisi del programma di cantiere (tale attività è essenziale nella fase di corso d'opera per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte) e la preparazione di tutto il materiale necessario per l'accertamento strumentale.

L'attività successiva a quella di campo richiede invece che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che tutti i dati raccolti siano inseriti nel SIT al fine di essere analizzati e validati.

Di seguito si descrivono i processi che caratterizzano le attività descritte.

### G.1 Attività preliminari

Prima di procedere con l'uscita in campo è necessario:

- richiedere alla Direzione Lavori l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
- definire il programma delle attività di monitoraggio;
- comunicare la programmazione delle campagne al Responsabile del M.A., alla Direzione Lavori e agli Enti di controllo.

#### Sopralluogo in campo

Sarà necessario effettuare un sopralluogo finalizzato a verificare le seguenti condizioni:

- assenza di situazioni locali che possano disturbare le misure;
- consenso della proprietà ad accedere al ricettore da monitorare;

- disponibilità e facilità di accesso agli spazi interni delle proprietà private da parte dei tecnici incaricati delle misure per tutta la durata prevista del monitoraggio ambientale e per tutte le fasi in cui è previsto il monitoraggio;
- possibilità, ove necessario, di alimentazione alla rete elettrica.

Nel caso in cui il punto di monitoraggio previsto dal PMA non soddisfi in modo sostanziale una delle caratteristiche sopra citate, sarà scelta una postazione alternativa, ma pur sempre rappresentativa delle caratteristiche qualitative dell'area di studio, rispettando i criteri sopra indicati.

Nel corso del sopralluogo è necessario verificare e riportare correttamente sulla scheda tutti i dettagli relativi alla localizzazione geografica, con particolare attenzione all'accessibilità al punto di misura, in modo che il personale addetto alle misure possa, in futuro, disporre di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto.

Saranno anche effettuate fotografie e sarà riportato, nella scheda, uno stralcio cartografico con indicata l'ubicazione del punto di monitoraggio. Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta prima di qualsiasi attività di misura.

#### Acquisizione del permesso

Durante il sopralluogo si dovrà procedere all'acquisizione di un permesso scritto in cui si dovranno riportare le seguenti informazioni:

- modalità di accesso al sito d'indagine;
- tipo di attività che sarà svolta dal personale tecnico incaricato;
- codice del punto di monitoraggio;
- modalità di rimborso di eventuali danni arrecati alla proprietà.

## **G.2 Installazione della strumentazione, calibrazione e analisi di pre-rilevamento**

Preliminarmente alla installazione della strumentazione sarà necessaria la verifica delle idonee condizioni per l'esecuzione del rilievo in relazione alle lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in particolare nella fase di C.O. in quanto l'operatore, oltre al controllo delle buone condizioni tecniche per l'esecuzione del rilievo, dovrà verificare che le lavorazioni in corso siano esattamente quelle per le quali è stato previsto il controllo a seguito dell'analisi del programma di cantiere.

Pertanto si possono presentare due casi:

1. il rilievo non può avere luogo: qualora ciò accada deve esserne data tempestiva comunicazione al coordinatore del monitoraggio. Nel caso in cui si siano verificate alterazioni

significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio si potrà valutare l'opportunità di procedere alla ri-localizzazione del punto di monitoraggio (cosa che comporterà la definizione di un nuovo sito e la soppressione del precedente, con un aggiornamento dei punti di misura, un nuovo sopralluogo e una eventuale nuova richiesta di permesso di accesso alle proprietà private). Nel caso in cui al momento dell'uscita in campo non sono in corso le attività di costruzione previste dal programma lavori, una volta sentito il personale di cantiere, si potrà decidere di effettuare comunque l'accertamento strumentale oppure concordare una nuova data in relazione agli obiettivi di monitoraggio fissati;

2. il rilievo può avere luogo: qualora venga svolta l'attività di misura, si deve compilare la scheda di campo indicando l'attività di costruzione in corso nel campo note e osservazioni alle misurazioni.

Di seguito si riportano gli accorgimenti da seguire in fase di installazione della strumentazione e calibrazione della stessa.

I dispositivi di misura sono localizzati in corrispondenza del primo e dell'ultimo solaio abitato, dal lato dell'edificio a minima distanza dal tracciato. Il monitoraggio è preferibilmente svolto in stanze in cui non si verificano interferenze con le attività residenziali e in posizione centrale al locale (in corrispondenza della mezzeria del solaio).

All'interno delle stanze scelte, al primo e all'ultimo piano dell'edificio, devono essere misurate le vibrazioni in tre direzioni mutuamente perpendicolari: a tal fine sarà necessario posizionare un accelerometro triassiale o 3 accelerometri monoassiali. Tutti gli accelerometri trasmettono simultaneamente i dati ad una centralina di acquisizione dati.

I trasduttori devono essere ancorati alla struttura da monitorare mediante fissaggio con cera d'api in modo da garantire un miglior risultato nella trasduzione del segnale.

In alternativa al precedente metodo, i trasduttori possono essere resi solidali, mediante attacco magnetico o filettato, ad un massetto d'acciaio, avente peso adeguato, appoggiato al suolo in maniera stabile.

I trasduttori devono essere connessi con il sistema d'acquisizione dati che sarà collocato in posizione idonea. Poiché è necessario acquisire contemporaneamente i dati provenienti da tutti i traduttori si rende necessario l'utilizzo di un sistema di acquisizione avente almeno 6 canali.

Prima dell'inizio di ogni ciclo di misura deve essere effettuata la calibrazione della catena di misura utilizzando appositi calibratori tarati.

Preventivamente alla registrazione del segnale si procede ad una verifica dei livelli di vibrazione rilevabili da tutti i trasduttori posizionati al fine di verificare la funzionalità dei collegamenti.

In questa fase è possibile verificare la presenza di vibrazioni statisticamente non significative dovute ad esempio ad attività di manutenzione o all'impiego di macchine utensili all'interno dell'edificio: in questi casi è richiesta l'interruzione del funzionamento o si attende che sia esaurita la causa del disturbo.

### **G.3 Esecuzione delle misure**

Il monitoraggio ambientale della componente Vibrazioni consiste in una campagna di misure atte a rilevare la presenza di moti vibratorii all'interno di edifici e a verificarne gli effetti sulla popolazione e sugli edifici stessi.

In particolare, per quanto concerne gli effetti sulla popolazione, le verifiche riguardano esclusivamente gli effetti di "annoyance", ovvero gli effetti di fastidio indotti dalle vibrazioni percettibili dagli esseri umani. Tali effetti dipendono in misura variabile dall'intensità, dal campo di frequenza delle vibrazioni, dalla numerosità degli eventi e dal contesto abitativo nel quale gli stessi eventi si manifestano (ambiente residenziale, fabbrica, etc.). Tale disturbo, infatti, non ha un organo bersaglio, ma è esteso all'intero corpo e può essere ricondotto ad un generico fastidio all'insorgenza di ogni vibrazione percettibile. È bene evidenziare che tale fastidio non comporta aspetti di natura sanitaria e/o tecnopatie correlate alle vibrazioni e, ancora di più, aspetti di natura medico-legale correlati a patologie ma, si tratta dell'insorgenza di una generica sensazione percettiva che può arrecare fastidio, qualora il soggetto svolga una qualsiasi attività, anche non lavorativa.

Il rilevamento deve essere eseguito in modo tale che possa essere restituita la time history del livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (secondo il filtro per assi combinati indicato dalla norma UNI 9614) secondo per secondo.

Poiché i recettori da indagare sono di tipo residenziale e poiché in questi si eseguirà un rilievo mirato alla valutazione al disturbo, le frequenze di interesse sono quelle comprese tra 1 e 80 Hz.

Le vibrazioni saranno misurate contemporaneamente in due punti mediante due terne accelerometriche. La prima terna verrà posizionata al piano terra mentre la seconda all'ultimo piano (da considerarsi abitato) dell'edificio da monitorarsi. Qualora non sia possibile accedere al piano terra dell'edificio la terna sarà collocata anche all'esterno della casa pur mantenendo la distanza entro un metro dalla stessa.

Per il monitoraggio della componente Vibrazioni sono state previste tre tipologie di misura di seguito riportate.

**Tipo VIA** Misure di caratterizzazione dei livelli vibratorii attuali

La misura è mirata all'acquisizione dei livelli vibratorii attualmente presenti (ante operam). La misura è costituita da un rilievo della durata di ventiquattro ore.

Durante i rilievi verranno acquisiti in continuo i livelli vibratorii presenti e l'operatore dovrà annotare il verificarsi di eventi particolari che inducano della sismicità non normalmente riscontrabile sul sito. Tali eventi dovranno essere mascherati in fasi di post-elaborazione della misura.

**Tipo VIC** Misure in corrispondenza di ricettori prospicienti al fronte di avanzamento lavori

La misura è mirata all'acquisizione della sismicità indotta dalle attività di costruzione (corso d'opera). Tale misura deve essere dunque eseguita nella finestra temporale in cui, nelle vicinanze del ricettore monitorato, vengono eseguite le attività critiche in relazione all'emissione di vibrazioni nel terreno. La misura avrà la durata di due ore durante le quali verranno misurate in continuo le vibrazioni indotte dalle lavorazioni. Al fine di determinare relazioni di causa-effetto tra operazione di cantiere e sismicità rilevata occorre che la postazione di misura sia presidiata: l'operatore annoterà ogni evento determinante fenomeni vibranti sensibili. Inoltre, l'operatore dovrà annotare anche eventi sensibili non ascrivibili ad attività di cantiere che saranno riconosciuti in fase di post-elaborazione della misura.

Gli eventi vibratorii registrati saranno suddivisi, in base alla sorgente che li ha generati, nelle seguenti categorie:

- Eventi generati da infrastrutture di trasporto;
- Eventi generati da attività interne all'edificio;
- Eventi generati dall'attività di cantiere;
- Eventi generati dalla movimentazione dei mezzi di cantiere.

Una volta suddivisi gli eventi, per ogni tipologia di sorgente, verrà restituito lo spettro medio della vibrazione. Per ogni evento registrato e per ogni trasduttore accelerometrico installato sarà restituito il valore RMS dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo filtro per assi combinati UNI 9614, oltre alla time-history anzidetta.

Le indagini saranno concentrate, in accordo con la D.L., nei periodi in cui si effettuano le lavorazioni più onerose (trincee, fondazioni, pali, diaframmi, ecc...).

Per le rilevazioni in corso d'opera si terrà conto del fatto che le sorgenti di vibrazione sono numerose e possono realizzare sinergie d'emissione, oltre che generare l'esaltazione del fenomeno se si considerano le frequenze di risonanza delle strutture degli edifici monitorati.

In parallelo alla registrazione delle vibrazioni, deve essere svolta anche la caratterizzazione delle sorgenti di emissione che interessano il rilevamento.

Nel caso di vibrazioni dovute alle lavorazioni di cantiere si dovranno annotare l'insieme delle lavorazioni eseguite e, in particolare, quelle che hanno generato eventi che hanno superato il valore di soglia.

#### **Tipo VIF Misure caratterizzazione dei livelli vibratori futuri**

Le misure avranno lo scopo di acquisire i livelli vibratori che saranno presenti (post operam) sia nei pressi di quei ricettori, attualmente interessati dall'attuale tracciato (monitorati durante la fase Ante Operam) e saranno interessati dalla nuova infrastruttura sia per quei ricettori che saranno interessati solo dalla nuova infrastruttura (monitorati durante la fase Ante Operam), durante il periodo diurno (07:00 – 22:00) e notturno (22:00 – 07:00) e confrontarli con le rilevazioni, effettuate nelle medesime posizioni, durante la fase ante operam.

Tale confronto è necessario al fine di valutare l'eventuale incremento dei fenomeni vibratori, dovuti alla presenza della nuova infrastruttura viaria e controllare il rispetto dei valori limite.

Durante i rilievi dovranno essere acquisiti in continuo i livelli vibratori presenti e l'operatore dovrà annotare il verificarsi di eventi particolari che inducano della sismicità non normalmente riscontrabile sul sito.

#### **G.4 Strumentazione di misura**

La strumentazione utilizzata, in accordo alla norma UNI 9614, deve rispondere alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

La strumentazione per la misura delle vibrazioni è costituita essenzialmente da un trasduttore in grado di trasformare la vibrazione in un segnale elettrico, da una apparecchiatura per il condizionamento dei segnali e da un sistema per la registrazione delle grandezze misurate.

La catena di misura e di analisi che è stata prevista in relazione agli standard di misurazione richiesti ed alle finalità delle misure è così articolata:

- trasduttori di accelerazione;
- filtri antialiasing;
- cavi schermati per la trasmissione del segnale;
- sistema di acquisizione dati con almeno 6 canali in contemporanea.

Nella tabella a seguire si riportano le caratteristiche tecniche minime degli accelerometri che devono essere utilizzati.

**Tabella G.1: Caratteristiche tecniche degli accelerometri**

<b>Grandezza</b>	
<i>Sensibilità</i>	1 V/g
<i>Range di frequenza</i>	0.3 – 500 Hz
<i>Range di misura</i>	$\pm 1$ g
<i>Risoluzione</i>	0.000005 g rms
<i>Linearità</i>	$\pm 1$ %
<i>Sensibilità trasversale</i>	<5 %

La strumentazione adoperata deve essere sottoposta a verifica di taratura in appositi centri specializzati (S.I.T.) almeno una volta ogni due anni. Il risultato della taratura effettuata deve essere validato da un apposito certificato.

## H ARTICOLAZIONE TEMPORALE

Le misure ante operam dovranno essere eseguite nell'anno precedente all'inizio dei lavori. Le misure in corso d'opera dovranno essere eseguite nelle finestre temporali in cui le lavorazioni critiche (trincee, fondazioni, pali, diaframmi, ecc...) in termini di emissioni vibranti vengono svolte nelle vicinanze del ricettore da monitorare come riportate nel Piano di Cantierizzazione.

Tutte le misure saranno mirate alla valutazione del disturbo indotto sulle persone presenti negli edifici e dovranno essere eseguite in accordo alla norma UNI 9614.

### H.1 Fasi del monitoraggio

I monitoraggio della componente ambientale "Vibrazioni" è stato articolato nelle fasi *ante operam* (solo ove siano presenti sorgenti significative dal punto di vista vibrazionale), *corso d'opera* e *post operam*.

Il monitoraggio della fase *ante operam* è finalizzato a testimoniare lo stato attuale dei luoghi in relazione alla sismicità indotta dalla pluralità delle sorgenti presenti significative prima dell'apertura dei cantieri.

Il monitoraggio in *corso d'opera* viene previsto allo scopo di:

- rilevare i livelli vibrazionali dovuti alle lavorazioni effettuate nella fase di realizzazione della tratta in progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche (superamento dei limiti normativi) che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere (principalmente opere di scavo e traforo agli imbocchi delle gallerie), allo scopo di prevedere modifiche alla gestione delle attività di cantiere e/o di adeguare la conduzione dei lavori.

Le misure di tipo VIA saranno eseguite, una sola volta per ciascun ricettore, esclusivamente nella fase ante operam (nell'anno precedente l'inizio dei lavori).

Le misure di tipo VIC saranno eseguite, una sola volta (per ogni anno di durata dei lavori) per ciascun ricettore, esclusivamente durante la realizzazione dell'opera quando le attività costruttive potenzialmente impattanti in termini di vibrazioni indotte verranno eseguite in prossimità dei recettori individuati.

Nella fase post operam saranno effettuate le misure di tipo VIF, una sola volta per ciascun ricettore, entro l'anno dall'entrata in esercizio della nuova infrastruttura.

Per una visione d'insieme si riassume in Tabella H.1, l'elenco dei punti di misura interessati dal monitoraggio nelle fasi ante-operam/corso d'opera, e, per ciascuna fase temporale la tipologia di misura prevista per tratta di appartenenza.

**Tabella H.1: Misure previste sui recettori sede di monitoraggio**

Codice monitoraggio	Localizzazione	Lotto	Codice ricettore	Misura VIA	Misura VIC	Misura VIF
				A.O.	C.O.	P.O.
VIB-01	L1-PK 4+100	LOTTO 1	28 P	X	X	
VIB-02	L1 - PK 10+150	LOTTO 1	65 P		X	
VIB-03	L2 - PK 3+500	LOTTO 2	203	X	X	X
VIB-04	L2 - PK 4+500	LOTTO 2	171P		X	
VIB-05	L2 - PK 6+100	LOTTO 2	180P_2		X	
VIB-06	L5 - PK 3+750	LOTTO 5	208P	X	X	X
VIB-07	L6 - PK 10+600	LOTTO 6	134		X	
VIB-08	L7 - PK 1+200	LOTTO 7	D361		X	
VIB-09	L8 - PK 4+550	LOTTO 8	D223	X	X	X

## H.2 Frequenze delle misure

In sintesi i criteri temporali previsti per le due fasi ante e corso d'opera, sono illustrati nella Tabella H.2.

**Tabella H.2: Criteri temporali di campionamento**

Tipo di misura	Durata singola misura	Frequenza
<i>Tipo VIA</i>	<i>24 ore</i>	<i>A.O.= una volta, nell'anno precedente l'inizio lavori</i>
<i>Tipo VIC</i>	<i>2 ore</i>	<i>C.O.= una volta per ogni anno di durata dei lavori, quando il fronte avanzamento lavori raggiunge il ricettore</i>
<i>Tipo VIF</i>	<i>24 ore</i>	<i>P.O.= una volta, nell'anno di funzionamento della nuova infrastruttura</i>

Le frequenze ed il numero complessivo dei rilievi, ove si verificassero variazioni al cronoprogramma lavori previsto in fase di progetto esecutivo, modifiche cronologiche delle fasi

di lavorazioni od ancora impreviste durate temporali di esecuzione lavori o criticità impreviste, saranno soggette a opportune revisioni.

## **Parte Terza – Restituzione dei risultati delle attività di monitoraggio**

## I CODIFICA DEI PUNTI DI MONITORAGGIO E DEI RISULTATI

I punti identificati secondo i criteri riportati precedentemente sono riportati nell'elaborato grafico Planimetria dei punti di monitoraggio per la componente ambientale.

Si precisa che il codice del punto è fondamentale, in quanto lo identifica in modo univoco, e pertanto dovrà essere riportato su tutte le schede di campo e sui report finali.

Stringa di 6 caratteri (5 caratteri separati da 1 trattino) così organizzati:

- sottoambito di monitoraggio (tre lettere, vedi tabella che segue).
- numero progressivo (due cifre), a partire da "01".

Le prime tre lettere identificano l'ambito/sottoambito di monitoraggio per la componente in esame si suggerisce: VIB.

Segue infine un numero progressivo, a partire da "01" compreso, di due cifre.

**Esempio:** **VIB-01**

indica il primo punto di monitoraggio di vibrazioni.

I punti sono inoltre riportati in 9 tavole cartografiche " Piano di monitoraggio ambientale - Planimetrie ubicazioni indagini":

D01-T100-AM091-1-P5-001-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-002-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-003-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-004-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-005-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-006-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-007-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-008-0A  
D01-T100-AM091-1-P5-009-0A

## **J INTEGRAZIONE NEL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE**

Il monitoraggio ambientale, proprio in quanto attività di presidio ambientale, richiede estrema tempestività nella restituzione dei dati, in particolare nella fase di corso d'opera, al fine di consentire un efficace intervento nel caso in cui si riscontrassero situazioni di criticità.

Il rapido accesso ai dati sarà assicurato dal Sistema Informativo Territoriale, che consentirà di gestire in modo tempestivo l'acquisizione ed il processo di analisi delle misure di monitoraggio; una volta validati i dati saranno resi disponibili agli organismi di controllo e alle amministrazioni territoriali coinvolte.

Il SIT dovrà quindi rispondere non solo ad esigenze di archiviazione, ma anche di acquisizione, validazione, elaborazione, comparazione, pubblicazione e trasmissione dei diversi dati.

La georeferenziazione dei dati deve essere effettuata in sistema WGS-84 mentre per quanto riguarda il tipo di proiezione deve essere adottata la proiezione cilindrica traversa di Gauss, nella versione Gauss Boaga.

Nel SIT saranno resi disponibili i seguenti dati:

- il file della fotografia della sezione di misura e tutti i file che riportano i dati propri del rilievo;
- la scheda di misura;
- gli esiti delle misure in situ, indicati anche nella scheda di misura.

## **K GESTIONE DELLE ANOMALIE**

Si definisce “condizione anomala” ogni situazione in cui si ha il superamento del limite di legge.

Si ritiene opportuno che ogni parametro anomalo registrato venga segnalato tramite apposita scheda che riporti un preciso riferimento al punto in cui è avvenuto il superamento, al parametro in oggetto e alle possibili cause.

Qualora venisse riscontrata una situazione anomala si procederà aprendo una scheda anomalia riportante le seguenti indicazioni e che dovrà essere inviata al Responsabile del M.A.:

- date di emissione, sopralluogo e analisi del dato;
- parametro o indice indicatore di riferimento;
- superamento della soglia di impatto o descrizione dell'impatto qualitativo rilevato;
- cause ipotizzate e possibili interferenze;
- note descrittive e eventuale foto;
- verifica dei risultati ottenuti (da compilare successivamente).

Successivamente si procederà tenendo sotto controllo il parametro anomalo, eventualmente aumentando il numero delle campagne e controllando che il parametro rientri.

Nel caso in cui il parametro si mantenesse anomalo senza una giustificazione adeguata legata alle lavorazioni in essere, si definisce con il Responsabile del M.A. se e quale azione correttiva intraprendere.

### **K.1 Criteri per la definizione dei livelli di criticità**

Le norme di riferimento per questo tipo di disturbo sono la ISO 2631 e la UNI 9614 che indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone. Poiché l'accelerazione è una grandezza vettoriale, la descrizione completa del fenomeno vibratorio deve essere effettuata misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali.

Un altro parametro assai importante da quantificare ai fini del disturbo alle persone è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti materiali. Per quanto riguarda l'organismo umano, è noto che esso percepisce in maniera più marcata fenomeni vibratorii caratterizzati da

basse frequenze (1-16 Hz) mentre, per frequenze più elevate la percezione diminuisce. Il campo di frequenze d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz.

Questo è quanto si evince dalla norma ISO 2631, che riporta i risultati di studi effettuati sottoponendo l'organismo umano a vibrazioni pure (ossia monofrequenza) di frequenza diversa.

Nel caso di vibrazioni multifrequenza, ossia composte dalla sovrapposizione di armoniche di diversa frequenza, del tipo di quelle indotte da lavorazioni, per la definizione di indicatori di tipo psico-fisico legati alla capacità percettiva dell'uomo, occorre definire un parametro globale. Infatti la risposta dell'organismo umano alle vibrazioni dipende oltre che dalla loro intensità anche dalla loro frequenza,

Tale parametro globale, definito dalla UNI 9614 (che recepisce la ISO 2631), è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $a_w$ , che risulta essere il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerogramma misurato adottando degli opportuni filtri che rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

A tal proposito, poiché non risulta noto a priori se l'individuo soggetto al fenomeno vibratorio risulta sdraiato, seduto o in piedi, bisognerà utilizzare la curva di pesatura per "postura non nota o variabile" (UNI 9614 Prospetto I).

Nel caso si utilizzassero sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato effettuando un'analisi dell'accelerogramma misurato in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz. Ai livelli riscontrati banda per banda va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione (UNI 9614 Prospetto I).

Per quanto riguarda i valori di soglia delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento, vengono considerate la Tabella K.1 e la Tabella K.2 riportate separatamente per asse Z e assi X e Y. Nel caso s'impieghi il filtro valido per posture non note o variabili nel tempo, si assumono come limiti i valori relativi agli assi X e Y.

**Tabella K.1: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse Z (Prospetto II - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	$m/s^2$	dB
<i>Aree critiche</i>	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
<i>Abitazioni notte</i>	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB
<i>Abitazioni giorno</i>	10,0 10 <sup>-3</sup>	80
<i>Uffici</i>	20,0 10 <sup>-3</sup>	86
<i>Fabbriche</i>	40,0 10 <sup>-3</sup>	92

**Tabella K.2: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi X e Y (Prospetto III - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB
<i>Aree critiche</i>	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
<i>Abitazioni notte</i>	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
<i>Abitazioni giorno</i>	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
<i>Uffici</i>	14,4 10 <sup>-3</sup>	83
<i>Fabbriche</i>	28,8 10 <sup>-3</sup>	89

I valori sopra riportati sono riferiti a vibrazioni di livello costante con periodi di riferimento diurni compresi tra le ore 7:00 e le ore 22:00 e viceversa notturni tra le 22:00 e le 7:00. È da precisare che la UNI 9614 definisce una vibrazione di livello costante quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB.

Nel caso di vibrazioni di livello non costante (quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza, rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s), varia nel tempo in un intervallo di ampiezza maggiore a 5 dB), il parametro fisico da misurare è l'accelerazione equivalente  $a_{w-eq}$ .

Per quanto attiene ai valori limite si considerano ancora quelli esposti nelle tabelle precedenti.

La norma UNI 9614 definisce le vibrazioni impulsive quando sono generate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Per tale tipologia di vibrazioni, se il numero di eventi giornalieri  $N$  è non maggiore di 3, il valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza va confrontato con i limiti riportati nella Tabella K.3.

**Tabella K.3: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per vibrazioni impulsive (Prospetto V - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Asse Z		Asse X e Y	
	$m/s^2$	dB	$m/s^2$	dB
<i>Aree critiche</i>	$5 \cdot 10^{-3}$	74	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
<i>Abitazioni notte</i>	$7 \cdot 10^{-3}$	76	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
<i>Abitazioni giorno</i>	0.3	109	0.22	106
<i>Uffici</i>	0.64	116	0.46	113
<i>Fabbriche</i>	0.64	116	0.46	113

Nel caso in cui il numero di impulsi giornaliero sia maggiore di 3, i limiti della precedente tabella, relativamente alle "Abitazioni giorno", alle "Fabbriche" e agli "Uffici" vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata. Nessuna riduzione è prevista per le "Aree critiche" e per le "Abitazioni notte".

I nuovi limiti si ottengono dai precedenti (valori in  $m/s^2$ ) moltiplicandoli per il coefficiente  $F$  così definito:

Impulsi di durata inferiore ad un secondo	Impulsi di durata superiore ad un secondo
$F = 1.7N^{-0.5}$	$F = 1.7N^{-0.5}t^{-k}$

con :

$t$ = durata dell'evento

$k=1.22$  per pavimenti in calcestruzzo

$k=0.32$  per pavimenti in legno.

Qualora i limiti così calcolati fossero minori dei limiti previsti per le vibrazioni di livello costante dovranno essere adottati come limiti questi ultimi valori.

Le tabelle precedenti evidenziano che gli ambienti critici in relazione al disturbo alle persone sono le aree critiche come le camere operatorie ospedaliere e i laboratori in cui si svolgono operazioni manuali particolarmente delicate e gli edifici residenziali con particolare riferimento al periodo notturno.

Nel caso in cui le vibrazioni misurate superino i valori limite riportati nelle tabelle precedenti, i fenomeni vibratorii possono essere considerati oggettivamente disturbanti per un individuo presente all'interno di un edificio. Il giudizio sull'accettabilità del disturbo deve essere emesso considerando la frequenza e la durata delle vibrazioni disturbanti.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali ad edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614.

Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate, comunque non presenti nell'area d'intervento.

Ne consegue che all'interno degli edifici residenziali non saranno eseguite misure finalizzate al danno delle strutture ma solo quelle relative al disturbo delle persone. Il riscontro di livelli di vibrazione che recano disturbo alle persone sarà condizione sufficiente affinché si intervenga nei tempi e nei modi opportuni per ridurre i livelli d'impatto.

## **K.2 Azioni correttive**

Ove si dovessero verificare anomalie nell'ambito delle azioni correttive da prodursi si prevedono i seguenti step:

- comunicazione del dato di misura;

- verifica della strumentazione utilizzata;
- successiva misura per validare il dato di misura.

Difatti la condizione di anomalia sarà comunicata in fase di ante operam al Responsabile del M.A. e agli organi di controllo e in fase di corso d'opera al Responsabile del M.A., agli organi di controllo e alla D.L..

## L DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE

Nel corso del monitoraggio dovranno essere rese disponibili le seguenti informazioni:

- Schede di misura.
- Relazioni di fase AO - CO - PO.
- Report di segnalazione anomalie.

### Schede di misura

Essa si compone di una parte descrittiva contenente la caratterizzazione fisica del territorio appartenente alle aree di indagini, la caratterizzazione delle principali sorgenti vibrazionali ed una parte analitica contenente gli esiti dei monitoraggi effettuati. Alla fine del capitolo si riporta un esempio di "Scheda di misura".

### Relazione di ante operam (1 relazione)

Al fine di illustrare i risultati delle attività preliminari di acquisizione dati, dei sopralluoghi effettuati, delle campagne di misura compiute e delle elaborazioni sui dati, sarà redatta una relazione finale di fase A.O. a conclusione dell'intera fase di monitoraggio e che dovrà costituire il parametro di confronto per le relazioni delle successive fasi di CO e PO.

### Relazione di Post Operam (1 relazione)

Nella fase di PO, dedicata al monitoraggio della fase di esercizio dell'infrastruttura, dovranno essere riportati i risultati delle misurazioni effettuate in tutti i punti di monitoraggio.

### Relazioni di corso d'opera (bollettini trimestrali)

Al fine di restituire una sintesi dei dati acquisiti nella fase di CO e per fornire una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso.

### Report di segnalazione anomalie

Nel caso di situazioni anomale dovrà esserne data tempestiva segnalazione al Responsabile del M.A. e all'Ente di controllo tramite un report che dovrà comprendere tutte le indicazioni riportate al paragrafo precedente.

## Scheda di misura tipo

Componente Ambientale	
Codice Monitoraggio	

### Localizzazione del Punto/Areale di Monitoraggio

Comune		Provincia	
Distanza dal Tracciato		Progressiva di Progetto:	
Codice Ricettore (Censimento ricettori):			
Coordinate GPS (WBGs)			
X: 468886.28 m		Y: 4101269.36 m	

### Caratterizzazione Ambientale del Sito

Scuola		Parco pubblico		Uso del suolo	
Ospedale		Area di pregio naturale		Cantiere	
Residenziale agglomerato		Edificio storico		Area Tecnica	
Residenziale isolato		Attività produttiva			
Rudere/assimilabile		Aree protette/SIC/ZPS			
Agricolo		Corso d'acqua attraversato			

## Descrizione del Sito/Ricettore

## Stralcio planimetrico Sito di Misura

VIB2

Legenda

## Rilievi fotografici

VIB2

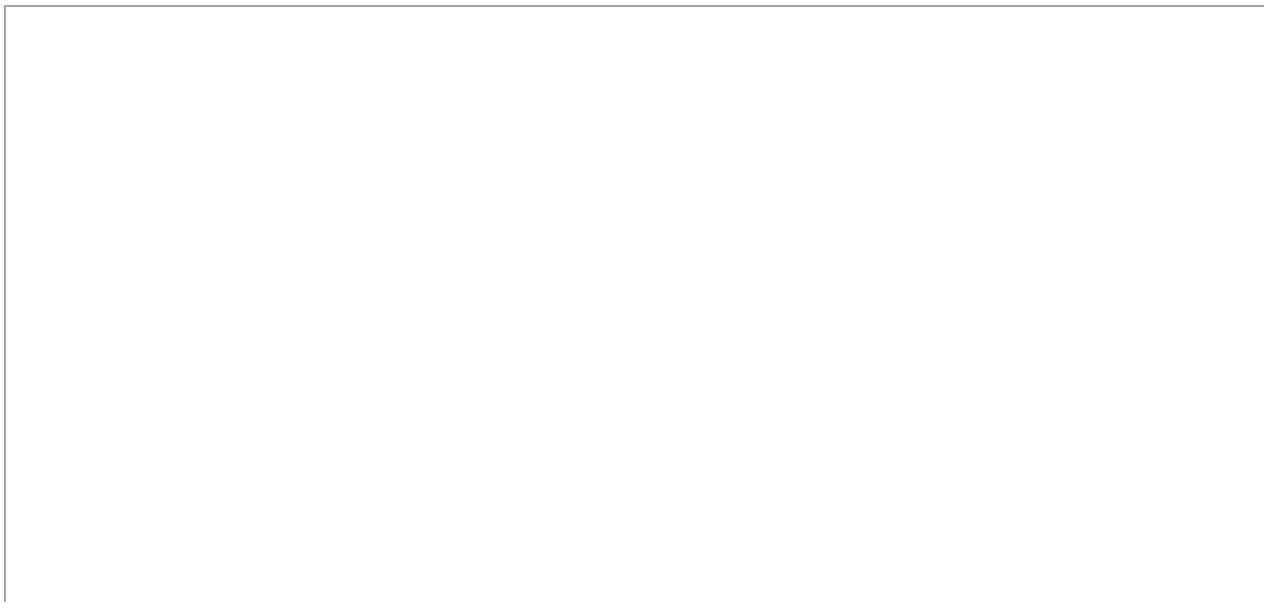


FOTO  
1

## Scheda di sintesi

Tipologia misura	Anno	Fase	N° Rilievo

### Caratterizzazione del ricettore

Destinazione d'uso	Residenziale	Tipologia di tracciato	
N. piano fuori terra			

### Inquadramento delle sorgenti di vibrazioni presenti

Sorgenti di vibrazioni [Distanza dall'edificio]:

- Attività di cantiere:
- Impianti industriali:

### Strumentazione utilizzata

### Localizzazione spaziale delle terne accelerometriche nell'edificio

Terna al piano basso	Piano di ubicazione:		Locale di ubicazione:	
----------------------	----------------------	--	-----------------------	--

FOTO 2 Veduta fotografica della postazione al piano basso

## Scheda risultati

### Sintesi misura complessiva

Periodo	$a_{weq, x}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{weq, y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{weq, z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, x}$ [dB]	$L_{weq, y}$ [dB]	$L_{weq, z}$ [dB]	$a_{weq, lim, x, y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, lim, x, y}$ [dB]	$a_{weq, lim, z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, lim, z}$ [dB]
<b>Giorno (7-22)</b>										
<b>Piano basso</b>										
Periodo	$a_{weq, x}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{weq, y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{weq, z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, x}$ [dB]	$L_{weq, y}$ [dB]	$L_{weq, z}$ [dB]	$a_{weq, lim, x, y}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, lim, x, y}$ [dB]	$a_{weq, lim, z}$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_{weq, lim, z}$ [dB]
<b>Giorno (22-7)</b>										
<b>Piano basso</b>										

### Analisi risultati

Situazione nella norma:

Condizioni di superamento:  periodo di riferimento diurno (7-22)  
 periodo di riferimento diurno (22-7)

**Tabella dei valori dei livelli di accelerazione ponderata in frequenza di vibrazione (assi combinati UNI 9614) per evento transito**

Parametri					
Evento	transito	veicolo	<b>Asse X</b>	<b>Asse Y</b>	<b>Asse Z</b>
leggero					
$a_{weq}$	[m/s <sup>2</sup> ]				
$L_w$	[dB]				
Evento	transito	veicolo	<b>Asse X</b>	<b>Asse Y</b>	<b>Asse Z</b>
pesante					
$a_{weq}$	[m/s <sup>2</sup> ]				
$L_w$	[dB]				

**Note**

--